

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-275753

(43)Date of publication of application : 13.10.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/02  
H01L 21/203  
H01L 21/285  
H01L 21/302  
H01L 21/31

(21)Application number : 09-079917

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 31.03.1997

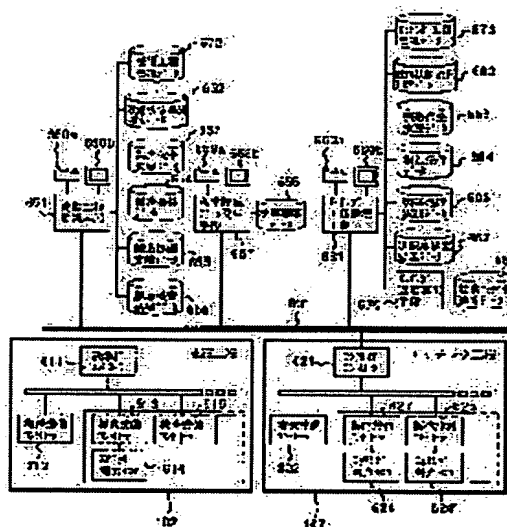
(72)Inventor : KOBAYASHI HIDE  
IWATA YOSHIO

## (54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently manufacture a substrate by ensuring its quality, by estimating the thickness of the substrate formed in a film forming step, and monitoring an operating state of a predetermined etching facility based on the estimated thickness and an etching ending time obtained from the etching equipment.

SOLUTION: The method for manufacturing a semiconductor substrate comprises a film forming step 102, a formed film thickness measuring step, and a lithography step having an etching step 107. Further, a film thickness of one substrate 1 or a unit of a plurality of the substrates formed in the step 102 is estimated by using a desired predictive algorithm indicating an change in the lapse of time from discrete film thickness measurement data for the substrate obtained in the measuring step. The substrate is manufactured with an etching equipment monitoring step for monitoring an operating state of the equipment based on the thickness at each estimated unit of the substrate and an etching finishing time obtained from the equipment in the step 107.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

特開平10-275753

(43) 公開日 平成10年(1998)10月13日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
H 0 1 L	21/02	H 0 1 L	21/02 Z
	21/203		21/203 S
	21/285		21/285 S
	21/302		21/31 Z
	21/31		21/302 Z
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 16 頁)			

(21) 出願番号 特願平9-79917

(22) 出願日 平成9年(1997)3月31日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 小林 秀

東京都小平市上水本町五丁目20番1号株式会社日立製作所半導体事業部内

(72) 発明者 岩田 義雄

東京都小平市上水本町五丁目20番1号株式会社日立製作所半導体事業部内

(74) 代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

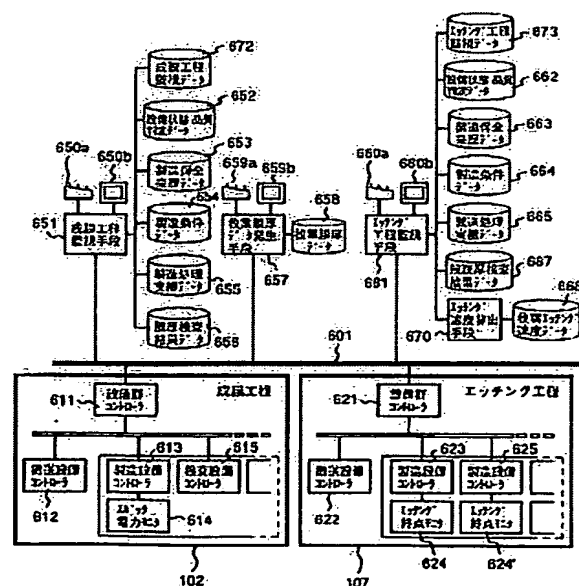
(54) 【発明の名称】 半導体基板の製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】集積度の高いIC(集積回路)等の半導体製品を得るための半導体基板を品質を確保した上で、効率良く製造することができるようにした半導体基板の製造方法およびそのシステムを提供することにある。

【解決手段】成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データから経時的な変化を示す所望の予想アルゴリズムを用いて前記成膜工程で成膜される半導体基板1枚若しくは複数枚の単位毎における膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の膜厚とエッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法である。

図 6



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に薄膜を形成する成膜工程と、該成膜工程により薄膜が成膜された半導体基板を離散的に取り出して成膜された薄膜の膜厚を測定する成膜膜厚測定工程と、前記成膜工程で薄膜が成膜された半導体基板が投入されて該薄膜に対してパターンを形成するエッチング工程を有するリソグラフィ工程と、前記成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データから経時的な変化を示す所望の予想アルゴリズムを用いて前記成膜工程で成膜される半導体

基板1枚若しくは複数枚の単位毎における膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の膜厚と前記エッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法。

【請求項2】半導体基板上に薄膜を形成する成膜工程と、該成膜工程により薄膜が成膜された半導体基板を離散的に取り出して成膜された薄膜の膜厚を測定する成膜膜厚測定工程と、前記成膜工程で薄膜が成膜された半導体基板が投入されて該薄膜に対してパターンを形成するエッチング工程を有するリソグラフィ工程と、前記成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データから経時的な変化を示す所望の予想アルゴリズムを用いて前記成膜工程で成膜される半導体

基板1枚若しくは複数枚の単位毎における基板内の分布も含めて膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の基板内の分布も含めての膜厚と前記エッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法。

【請求項3】前記エッチング設備監視工程において、前記所望の予想アルゴリズムを外挿アルゴリズムであることを特徴とする請求項1または2記載の半導体基板の製造方法。

【請求項4】半導体基板上に薄膜を形成するコーリメーションスパッタ成膜工程と、該成膜工程により薄膜がスパッタリング成膜された半導体基板を離散的に取り出し、この離散的に取り出された半導体基板に成膜された薄膜の膜厚を測定する成膜膜厚測定工程と、前記成膜工程で薄膜が成膜された半導体基板が投入されて該薄膜に対してパターンを形成するエッチング工程を有するリソグラフィ工程と、前記成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データに対して、前記成膜工程から所得されるスパッタリングに要した電力と時間との積分値を基に推定されるコーリメータによる成膜特性の経時的変化に基づく補正を施して前記成膜工程

で成膜される半導体基板1枚若しくは複数枚の単位毎における膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の膜厚と前記エッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法。

【請求項5】前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を、エッチング速度によって監視することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項6】前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を、エッチング速度を、このエッチングで使用した電力と時間との積分値によって規格化して監視することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項7】前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の動作状態が管理基準を越えたと判断された場合には、他のエッチング設備に生産を切り替えるように指示することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項8】前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の動作状態が管理基準を越える時期を予想することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項9】前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の運転パラメータを変更する必要があるか否かについて指示することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項10】前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の動作状態が管理基準を越える時期を予想し、この予想時期に合わせてエッチング設備のメンテナンスを行うことによって生じるエッチング工程における生産量の変動に合わせて、このエッチング工程に続く工程の負荷量の変動を予想することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項11】前記エッチング設備監視工程において、推定される膜厚が、エッチング設備における運転パラメータを変更しない限界値を越えていることが判明した場合には、エッチング設備の運転パラメータを算出し、前記推定される膜厚が成膜された半導体基板が投入されるのに合わせて、前記算出された運転パラメータに変更制御することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【請求項12】前記エッチング設備監視工程において、推定される膜厚が、エッチング設備における運転パラメ

ータを変更しない限界値を越えていることが判明した場合には、前記膜厚が管理値に入るように成膜工程における成膜設備の運転パラメータを算出して前記成膜設備に対して設定制御し、この新しい成膜設備の運転パラメータによって形成される膜厚の予想値を、エッチング設備に投入される半導体基板の膜厚として使用することを特徴とする請求項1または2または4記載の半導体基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、製造ラインを構成する成膜設備、エッチング設備等の製造設備群を用いて半導体装置のような薄膜製品を製造する半導体基板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来半導体の製造、特に微細な加工を行うエッチング設備、エッチングするパターンを焼き付ける露光設備、または成膜を行う成膜設備等では、装置性能の変動が直接製品の品質に影響する。このために、被加工物の検査結果に基づいて、設備の設定運転パラメータの調整を行うことが常態である。ここでいう検査には、例えば、露光工程では、現像後のレジストパターンの寸法検査、エッチング工程後であれば、対象とする膜厚の事前検査、オーバエッチング量や、下地の残膜の膜厚検査、また成膜工程であれば、膜厚の検査等が行われている。但しこれらの検査工程では、ウエハ内の分布として諸量が把握されることもある。特にエッチング工程では、その加工品質は、一定の設定運転パラメータに対するものとして、当然の事ながら、第1にエッチングする対象である膜の膜厚の変動と、第2にエッチング設備の性能の変動が大きく関与して定まる。近年エッチング工程では、素子の微細化にともなってより厳しい品質管理が求められるようになった。

【0003】現状の成膜工程では成膜工程としての払い出しについての規格値が設定されている。すなわち、この規格値の設定範囲であれば、良品として後の工程、即ち露光工程とエッチング工程に流されてゆく。エッチング工程の高精度化に対して、エッチング工程ではエッチングを実施する前に、対象とする膜の膜厚を検査し、また仕上がり品質としての下地膜の残膜量或いはオーバエッチング量を検査し、品質の確認と、エッチング設備性能の安定であることの確認を行う。このような検査は、一度ウエハの流れを止めて行われるために生産性を著しく悪化させない範囲で、できるだけ頻度高くこのような検査を実施することが通常である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】成膜工程とエッチング工程を通じて高い製品品質を維持するためには、また微細化する半導体素子を精度よく製作するには、(1-1)成膜工程で形成される膜厚を一定に保つこと、その

保証があったうえで、(1-2)エッチング設備の動作状態を診断し、エッチング速度の変動に合わせた最適な運転パラメータをウエハ1枚毎に設定してやる方法と、

(2-1)成膜工程で形成された膜厚をウエハ毎で測定し、(2-2)その膜厚に合わせたエッチング設備の運転パラメータをエッチング設備の動作状態を考慮にいれて決定する方法とが考えられる。

【0005】実際には成膜工程では、膜厚の10%オーダーの変動は通常であり、さらに複数の装置を成膜工程に使用すれば、装置間の特性の差(以降は機差と呼ぶ)が存在し、また作業者の操作間違いや、装置の突然の乱調を考慮すれば、膜厚工程の品質は一定であると考えにはほど遠く、前者の方法は成り立つことがなく、後者の考え方が一般的である。しかしながら、従来の工程の運転・管理としては、基本的に離散的な、それも製品ウエハでないダミーウエハによって間接的に行われるために、品質を能く管理することはできず、大きな管理幅を認めざるを得ない。このためにより良い製品の性能を出すようには製品の設計を行うことはできなかった。

【0006】更にプロセスの精度を向上させてゆく際のもう一つの課題は、もし成膜工程なり、エッチング工程なりに品質を低下させるだけの変動が生じたときには、速やかに運転パラメータを調整し、製品品質を一定にするように反映する必要がある。しかし、現状では両工程の品質検査はできるだけ少ない頻度で行われているために、特に乱調等が発生したときにこれを検知するまでには、大量の不良品乃至は品質変動幅の大きな製品を製造してしまう危険性が高いことである。また異常状態から品質精度を向上させようとすると、高い品質検査頻度を必要とするために、生産性が低下する。また生産性を重視すると品質精度を向上することができない。勿論半導体デバイスの微細化高機能化が進行し、プロセスに高い品質精度が求められ、これが成膜や露光、エッチング設備などの性能の改善を牽引してゆくことに誤りはないが、常にその製造装置自身が実現できる品質精度を一步上回る性能を想定して半導体生産が行われてきているので、上に述べた事情は常に正しい。即ち、成膜工程での膜厚(分布)検査とエッチング前の膜厚検査の頻度を上げると生産性を大きく損ねることになる。

【0007】ところで、上記したように品質精度を向上させるには、製造装置の動作状態の変動が大きく関わっている以上、製造装置の動作状態を正しく認識できることが、その第一歩である。しかしながら、エッチングの品質は装置の動作状態と共に、前の工程で決定される膜厚にも大きく左右されるために、その動作状態を正しく認識することも為されていない。エッチング設備の動作状態を正しく把握するために、イオン密度、電子密度、両エネルギー状、発光スペクトルの観察などが提案されてきているが、決定的なモニタとなるものが存在しないことが実状である。従って唯一実用的なのはエッチング前

の対象とする膜の厚さを測定し、エッチングが終了してから、下地膜の残膜、或いはオーバエッチ量を測定することであるが、製品ウエハ1枚1枚を検査するわけではないし、またカセット毎にも検査されることは、大きく生産性を損ねることから非常に希である。

【0008】このために直ちにエッチング設備の設定運転パラメータを品質の変動を抑えるように最適な条件に変更する事は殆どの場合に不可能である。以上述べたように生産性との考慮から、品質検査の頻度が制限されることによって、エッチング工程の品質の管理幅も、成膜工程と同様に大きく成らざるを得ない。換言すれば、エッチング工程の品質確保は、ある所定の生産性を確保とはトレードオフの関係にあるということである。当然のことながらエッチング工程の品質管理幅が広い、すなわちエッチング工程のプロセスマージンを広くとると謂うことは、それだけ他の工程のプロセスマージン或いは設計マージンを圧迫することになる。たとえばシリコン基板の上に形成されたトランジスタ領域に酸化膜を通して電気的な導通をとるために、この酸化膜に導通孔を形成するエッチング工程では、オーバエッチング量のプロセスマージンを大きく設定する、すなわち大きなオーバエッチング量を許そうとすると、トランジスタの接合領域の深さ方向の厚みを大きく設計する様にせねばならず、トランジスタの微細化・高性能化が難しくなるとともに、拡散工程のプロセスマージンを非常に狭いものに設定しなければいけない。これによって拡散工程の生産性が低下することもあり得る。

【0009】以上のように現行の半導体、特に集積度の高いIC（集積回路）の製造工程では、エッチング設備や、成膜設備の相互の、或いは個々の性能変動による工程個々の品質変動を抑制或いは吸収できないために広いプロセスマージンを個々の工程に設定し、量産性を確保せざるを得ないという課題がある。同時に品質確保のための検査頻度も量産性とのトレードオフの関係にあり、それぞれに理想的なものにはならない。また工程の変動を小さく抑えることができないために、デバイスの設計を圧迫し、より高性能のデバイスを量産することができないという課題がある。

【0010】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、集積度の高いIC（集積回路）等の半導体製品を得るための半導体基板を品質を確保した上で、効率良く製造することができるようにした半導体基板の製造方法を提供することになる。また本発明の他の目的は、半導体基板を製造するための製造ラインを構成する成膜設備、エッチング設備等の製造設備群の運転管理する半導体基板の製造システムを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、半導体基板上に薄膜を形成する成膜工程と、該成膜工程により薄膜が成膜された半導体基板を適

当な間隔で離散的に取り出して成膜された薄膜の膜厚を測定する成膜膜厚測定工程と、前記成膜工程で薄膜が成膜された半導体基板が投入されて該薄膜に対してパターンを形成するエッチング工程を有するリソグラフィ工程と、前記成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データから経時的な変化を示す所望の予想アルゴリズムを用いて前記成膜工程で成膜される半導体基板1枚若しくは複数枚の単位毎における膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の膜厚と前記エッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法である。また本発明は、半導体基板上に薄膜を形成する成膜工程と、該成膜工程により薄膜が成膜された半導体基板を適当な間隔で離散的に取り出して成膜された薄膜の膜厚を測定する成膜膜厚測定工程と、前記成膜工程で薄膜が成膜された半導体基板が投入されて該薄膜に対してパターンを形成するエッチング工程を有するリソグラフィ工程と、前記成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データから経時的な変化を示す所望の予想アルゴリズムを用いて前記成膜工程で成膜される半導体基板1枚若しくは複数枚の単位毎における基板内の分布も含めて膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の基板内の分布も含めての膜厚と前記エッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法である。

【0012】また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、前記所望の予想アルゴリズムを外挿アルゴリズムであることを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記成膜工程は、スパッタ成膜工程を有することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記成膜工程は、コーメーションスパッタ成膜工程を有することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記成膜工程は、CVD成膜工程を有することを特徴とする。また本発明は、半導体基板上に薄膜を形成するコーメーションスパッタ成膜工程と、該成膜工程により薄膜がスパッタリング成膜された半導体基板を適当な間隔で離散的に取り出し、この離散的に取り出された半導体基板に成膜された薄膜の膜厚を測定する成膜膜厚測定工程と、前記成膜工程で薄膜が成膜された半導体基板が投入されて該薄膜に対してパターンを形成するエッチング工程を有するリソグラフィ工程と、前記成膜膜厚測定工程から取得される半導体基板に対しての離散的な膜厚測定データに対して、前

記成膜工程から得られるスパッタリングに要した電力と時間との積分値を基に推定されるコリメータによる成膜特性の経時的变化に基づく補正を施して前記成膜工程で成膜される半導体基板1枚若しくは複数枚の単位毎における膜厚を推定し、該推定された半導体基板の単位毎の膜厚と前記エッチング工程における所定のエッチング設備から取得されるエッチング終了時間とを基にして該所定のエッチング設備の動作状態を監視するエッチング設備監視工程とを有して半導体基板を製造することを特徴とする半導体基板の製造方法である。

【0013】また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、成膜膜厚測定工程によって適当な間隔（非定期的或いは定期的に複数枚数以上のウエハの間隔）で繰り返して測定される製品ウエハ或いは品質管理用の非製品ウエハについて膜厚から、上記測定間隔の間の製品ウエハに成膜された膜厚を、外挿するアルゴリズムを用いて推定して獲得し、この獲得された推定膜厚に基いてエッチング設備の性能変動を把握或いは診断することを特徴とする。

【0014】また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、成膜工程がスパッタ工程である場合には、成膜工程のスパッタ成膜設備から得られるスパッタリングに要した電力と時間の積分値を基に追跡することによりコリメータにスパッタ物質が付着することによって生じる成膜速度の減少を予想し、成膜膜厚測定工程から取得されて記憶される適当な間隔での膜厚に対して、前記予想された同工程の経時的な成膜速度の変化に基づく補正を施して前記測定間隔の間に成膜工程で成膜される半導体基板1枚若しくは複数枚の単位毎における膜厚を推定することを特徴とする。

【0015】また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を、エッチング速度によって監視することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を、エッチング速度を、このエッチングで使用した電力と時間との積分値によって規格化して監視することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の動作状態が管理基準を越えたと判断された場合には、他のエッチング設備に生産を切り替えるように指示することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の動作状態が管理基準を越える時期を予想することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を

監視し、その設備の運転パラメータを変更する必要があるか否かについて指示することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、所定のエッチング設備の動作状態を監視し、その設備の動作状態が管理基準を越える時期を予想し、この予想時期に合わせてエッチング設備のメンテナンスを行うことによって生じるエッチング工程における生産量の変動に合わせて、このエッチング工程に続く工程の負荷量の変動を予想することを特徴とする。

【0016】また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、推定される膜厚が、エッチング設備における運転パラメータを変更しない限界値を越えていることが判明した場合には、エッチング設備の運転パラメータを算出し、前記推定される膜厚が成膜された半導体基板が投入されるのに合わせて、前記算出された運転パラメータに変更制御することを特徴とする。また本発明は、前記半導体基板の製造方法における前記エッチング設備監視工程において、推定される膜厚が、エッチング設備における運転パラメータを変更しない限界値を越えていることが判明した場合には、前記膜厚が管理値に入るように成膜工程における成膜設備の運転パラメータを算出して前記成膜設備に対して設定制御し、この新しい成膜設備の運転パラメータによって形成される膜厚の予想値を、エッチング設備に投入される半導体基板の膜厚として使用することを特徴とする。

【0017】以上説明したように、前記構成によれば、エッチング設備の装置状態を正確に把握することが可能であり、成膜工程とエッチング工程とを通じて高い品質を維持することができ、生産性を損なわずに半導体製品の品質を向上することができる。また前記構成によれば、エッチング設備の動作状態を正しく把握するために、イオン密度、電子密度、両エネルギー、発光スペクトルの観察などが提案されてきているが、決定的なモニタとなるものが存在しないことが実状であるにも係らず、常にエッチング設備の動作状態が正しく把握することができ、その結果、運転パラメータを設定し直す必要があるか否かの判断を可能となり、運転パラメータの再設定が必要であると判断されたならば、ある膜厚に対して最適なエッチング時間乃至は電力を設定することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明に係る半導体素子の製造方法の実施の形態について図を用いて説明する。まず、本発明に係る半導体素子の製造工程のうち、前工程である被処理基板（半導体基板）への金属配線膜形成工程についての成膜工程がスパッタ工程からなる第1の実施の形態について説明する。図1には、半導体素子の製造工程のうち、前工程である被処理基板（半導体基板）への

金属配線膜形成工程の第1の実施の形態を示す。

【0019】金属配線膜形成工程は、製品ウエハ（製品半導体基板）に対して洗浄を行う前洗浄工程101と、該前洗浄工程で洗浄された製品ウエハ（製品半導体基板）に対してスパッタ成膜設備（図示せず）によってAl、Cr、W、Mo等の金属薄膜を形成するスパッタ成膜工程102と、該スパッタ成膜工程102で形成された金属薄膜に対して金属配線膜を形成するリソグラフィ工程とによって構成される。スパッタ成膜工程102には、図6に示すように、製造設備コントローラ613とスパッタ電力モニタ614とを有するスパッタ成膜設備（装置）と、検査設備コントローラ615を有する膜厚測定装置と、搬送設備コントローラ612を有する製品ウエハやダミーウエハを搬送する搬送設備と、これら製造設備コントローラ613、検査設備コントローラ615、および搬送設備コントローラ612を制御し、ネットワーク601に接続された設備群コントローラ611とが設置される。膜厚測定工程103は、鎖線で示すようにスパッタ成膜工程102から適当な間隔（ロット単位若しくは複数のロット単位又はスパッタ装置で管理する単位毎、即ち、成膜処理される製品ウエハ枚数が数十枚～数百枚の単位）で1枚の製品ウエハまたはダミーウエハが抜き取られて、この製品ウエハまたはダミーウエハに成膜された金属薄膜の膜厚を、膜厚測定装置を用いてウエハ内の分布も含めて成膜工程自身の品質管理として測定し、この測定された製品ウエハまたはダミーウエハは鎖線で示すようにリソグラフィ工程に戻される工程である。即ち、膜厚測定工程103において膜厚測定装置（図6には検査設備コントローラ615で示される。）で測定された抜き取られた製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データは、図6に示すように、設備群コントローラ611およびネットワーク601を介して成膜工程監視手段651に設けられた記憶手段656に膜厚検査結果データとして格納される。そして、CPUで構成された成膜工程監視手段651は、膜厚測定工程103で測定されて記憶手段656に記憶された製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データを読みだし、この読みだされた金属薄膜の膜厚データについて記憶手段652に格納された品質判定データと参照比較して、スパッタ成膜工程で成膜された金属薄膜についての品質可否判断を行う（ステップ110）。

【0020】リソグラフィ工程は、上記スパッタ成膜工程102で形成された金属膜上に最初にホトレジストを塗布するレジスト塗布工程104と、該レジスト塗布工程104で塗布されたレジストに対してマスクに形成された回路パターンを投影光学系を有する露光装置により露光転写する露光工程105と、該露光工程105で露光されたレジストを現像してレジストパターンを形成する現像工程106と、該現像工程106でレジストパタ

ーンが形成された製品ウエハ（製品半導体基板）に対してエッチング装置によりレジストパターンをマスクとしてその下の金属膜をエッチング加工するエッチング工程107と、該エッチング工程107でエッチングが終了した後、レジストパターンをアッシングによって除去するレジスト剥離工程109とで構成され、最終的に金属膜の配線パターンが形成される。エッチング工程107には、図6に示すように、製造設備コントローラ623、625とエッチング終点モニタ624、624'とを有する複数のエッチング設備（装置）と、エッチングされた残膜厚を測定する測定装置と、搬送設備コントローラ622を有する製品ウエハやダミーウエハを搬送する搬送設備と、これら製造設備コントローラ623、625、および搬送設備コントローラ622を制御し、ネットワーク601に接続された設備群コントローラ621とが設置される。残膜厚測定工程108は、鎖線で示すようにエッチング工程107から適当な間隔（ロット単位若しくは複数のロット単位又はスパッタ装置で管理する単位毎）で1枚の製品ウエハまたはダミーウエハが抜き取られて、この製品ウエハまたはダミーウエハに形成された金属薄膜に対してエッチングされた残膜厚を、光学的な測定装置または電子線を用いた測定装置を用いてウエハ内の分布も含めてエッチング工程自身の品質管理として測定し、この測定された製品ウエハまたはダミーウエハはレジスト剥離工程109に戻される工程である。即ち、残膜厚測定工程108において測定装置（図示せず。）で測定された抜き取られた製品ウエハまたはダミーウエハ毎の残膜厚のデータは、図6に示すように、設備群コントローラ621およびネットワーク601を介してエッチング工程監視手段661に設けられた記憶手段667に残膜厚検査結果データとして記憶される。そして、CPUで構成されたエッチング工程監視手段661は、残膜厚測定工程108で測定されて記憶手段667に記憶された製品ウエハまたはダミーウエハ毎の残膜厚データを読みだし、この読みだされた残膜厚データについて、記憶手段662に格納された品質判定データと参照比較して、エッチング工程でエッチングされた金属薄膜についての品質可否判断を行う（ステップ111）。

【0021】膜厚測定工程103では、スパッタ成膜工程102において製品ウエハまたは品質管理用のダミーウエハを使用してスパッタ装置より成膜された金属膜の膜厚を、ロット単位若しくは複数のロット単位又はスパッタ装置で管理する単位毎に、1枚の製品ウエハまたはダミーウエハを抜き取って膜厚測定装置（図6には検査設備コントローラ615等を有して構成される。）を用いて成膜工程自身の品質管理としてウエハ内の分布も含めて検査（測定）を行う。即ち、この金属膜の膜厚の検査（測定）は、製品ウエハ全数に実施すると生産性を損ねるので、非定期的或いは定期的な適当な間隔（ロット

単位若しくは複数のロット単位又はスパッタ装置で管理する単位毎即ち、成膜処理される製品ウエハ枚数で数十枚～数百枚の単位)で実施される。このように鎖線で示すようにスパッタ成膜工程102から抜き取られて、膜厚測定工程103において金属膜の膜厚が検査された製品ウエハまたはダミーウエハは、鎖線で示すようにリソグラフィ工程に戻されることになる。スパッタ成膜工程102におけるスパッタ成膜設備(スパッタ設備613、614等から構成される。)では成膜処理を重ねるに従い、同一の成膜条件でもその成膜速度が変化する。この変動の原因として最も一般的な理由は、スパッタリングターゲットの消耗に伴って、放電場所での磁場が強まり、放電電圧の低下が起こり、更にこれによって放電電力が低下することによる成膜速度の低下がある。また放電電力を一定としても、放電電圧の低下によるスパッタイルドの低下が起こり、結局ターゲットの消耗に伴って成膜速度の低下が起こる。図2は、ターゲット及びコリメータの全寿命に正規化して表したターゲット及びコリメータの規格化された使用量(%)とスパッタ成膜速度の低下(%)との関係を示した図である。通常のスパッタ法による場合、スパッタ成膜速度の経時変化は図2に201で示すようにターゲットの全寿命に対して数十%低下することになる。そこで、通常のスパッタにおいても、スパッタ成膜速度の条件調整が必要であることを示している。

【0022】ところで、LSI上の配線間を接続する微細な導通孔への金属膜の形成には、特公平6-60390号公報に記載されているようにコリメーションスパッタという成膜方法が使用される。この手法ではスパッタされたターゲットからのスパッタ粒子ができるだけウエハに鉛直に入射するようにコリメータと呼ばれる、指向性フィルタが使用されるが、このフィルタにはウエハに鉛直に入射しないスパッタ粒子が付着することになるので、使用が進むと、次第にフィルタが目詰まりを起こし、ウエハ上の成膜速度が経時的に低下する現象が生じる。即ち、コリメートスパッタ法の場合、スパッタ成膜速度の経時変化は図2に202で示すように著しく低下することになる。この成膜速度の低下は、上述したターゲットの消耗に伴う成膜速度の低下にコリメータの目詰まりによる成膜速度の低下が重畳されて発生することになるため、著しく大きくなる。そこで、コリメーションスパッタにおいては、スパッタ成膜速度の条件調整量が更に大きくなると共に調整頻度も高くなる。

【0023】従って、実際の生産においては、上記した如く膜厚測定工程103を実行する膜厚測定装置(図6に示す検査設備コントローラ615等を有して構成される。)は、スパッタ成膜工程102を実行するスパッタ装置(図6に示す製造設備コントローラ613およびスパッタ電力モニタ614等を有して構成される。)から所望の間隔で抜き取られた製品ウエハまたはダミーウエ

ハに形成された金属膜の膜厚を測定検査し、この測定検査された製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データを、図6に示すように、設備群コントローラ611およびネットワーク601を介して成膜工程監視手段651に設けられた記憶手段656に膜厚検査結果データとして格納する。スパッタ成膜工程102を実行するスパッタ成膜設備は、製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データの結果を、膜厚測定装置から直接または成膜工程監視手段651が記憶手段656から読みだしてネットワーク601および設備群コントローラ611を介して得て(フィードバックを受けて)、この得られた膜厚データの結果に基づいて膜厚を決める条件、例えば成膜時間を制御(調整)することによって払い出しの膜厚の推移を図3に301で示すように、上下動を繰り返したものにすることができる。図3は、スパッタ成膜設備によって成膜されて払い出される製品ウエハの膜厚(%)とターゲットの消耗割合に対応するターゲットで消費した積算電力値(%)との関係を示した図である。このように、スパッタ成膜設備が正常に稼働している場合であっても、有限な回数膜厚の検査結果を受けての有限な回数の条件制御によるため、払い出される製品ウエハの膜厚は変動してしまい、その結果エッチング工程に送られる製品ウエハの膜厚もある範囲で変動することになる。

【0024】このようにエッチング工程107を実行する各エッチング装置(図6に示す製造設備コントローラ623およびエッチング終点モニタ624等から構成される。)は、膜厚がある範囲で変動する製品ウエハの投入を受けるため、最初からエッチングのプロセス変動要因を持った製品ウエハを処理することになる。その結果各エッチング装置は、例えば単純にエッチング終点時間を監視しても、膜厚の変動と、エッチング設備の能力変動とを重ねて観察していることになるので、エッチング設備の動作状態を知ることはできない。

【0025】また膜厚測定工程103を実行する膜厚測定装置が、スパッタ成膜設備から製品ウエハまたはダミーウエハを適当な間隔(成膜処理枚数で数十枚～数百枚に1枚の頻度)で抜取ることによって獲得する離散的な膜厚データと、残膜厚測定工程108を実行する測定装置が、エッチング装置から製品ウエハまたはダミーウエハを適当な間隔で抜取ることによって獲得する離散的な下地残膜厚検査とは、同一のウエハで行われるということとは殆ど希である。従ってこのような離散的なデータの獲得方法では、エッチング設備(装置)の動作状態を経時的に、かつ定期的に監視することには役に立たなかった。

【0026】そこで、成膜工程102については図6に示すような構成にした。即ち、成膜工程(図6の例ではスパッタ成膜工程)102では、成膜設備は製造設備コントローラ611により、所定の製造条件で運転されて



いる。製造条件はスパッタ成膜工程監視システム651が管理する、製造条件ファイル654から獲得する。離散的なタイミングでの膜厚検査の情報が検査設備コントローラ615から得られ、この情報は設備群コントローラ611を介して、スパッタ成膜工程監視システム651の膜厚検査結果データファイル656に格納される。検査結果は、設備状態・品質判定データファイル652に格納されたデータと参照され、正常か否かの判定をスパッタ成膜工程監視システム651で行う。膜厚検査結果データファイル656に格納された膜厚データは、成膜工程で処理されるウエハの枚数の数十分の1から数百分の1という頻度である。成膜工程での処理時間、処理枚数などの処理実績は製造処理実績データファイル655に記憶され、またターゲットの交換やコリメータの交換は、製造保全来歴データファイル653に格納される。スパッタ電力のモニタ614からのデータも、製造保全来歴データファイル653に格納される。これら2つのデータファイルを参照することで、ターゲットや、コリメータがどの位消耗されたか等が分かる。

【0027】枚葉膜厚データ発生システム657は、製造処理実績データファイル655、製造条件ファイル654、膜厚検査結果データファイル656、および製造保全来歴データファイル653から得られるウエハID、各々のウエハのプロセス条件、処理時間、そのときの保全情報、離散的な検査データを基に、各々のウエハについて最も確からしい膜厚データを発生させ、ウエハIDと紐付けされて枚葉膜厚データファイルに格納する。ここで述べたウエハのIDによらずとも、カセットに装填された一群のウエハは通常カセットID(番号)によって、その一群毎に識別される。この方法は追跡する分解能は低下し、品質の管理、設備管理の点からはウエハIDに比してやや劣るが、簡易には実用になる場合もある。

【0028】更に説明すると、スパッタ成膜設備に備えられた読み取り手段によってスパッタ成膜される製品ウエハのIDを読み取り、該製品ウエハのIDに対応させてスパッタ成膜設備におけるスパッタガス圧力やスパッタ電極の磁界分布や成膜時間などのプロセス条件については、製造設備コントローラ613から得て設備群コントローラ611およびネットワーク601を介して成膜工程監視手段651に設けられた記憶手段654に製造条件データとして格納されている。更に、製品ウエハのIDに対応させてスパッタ成膜設備における処理時間、処理枚数などの処理実績についても、製造設備コントローラ613から得て設備群コントローラ611およびネットワーク601を介して成膜工程監視手段651に設けられた記憶手段655に製造処理実績データとして格納されている。更に、製品ウエハのIDに対応させてスパッタ成膜設備におけるターゲットの交換時期やコリメーションスパッタにおけるコリメータの交換時期や処理

室のクリーニング時期、スパッタ成膜設備に設けられたスパッタ電力のモニタ614から得られるスパッタ電力などの製造保全についての来歴についても、製造設備コントローラ613から得て設備群コントローラ611およびネットワーク601を介して成膜工程監視手段651に設けられた記憶手段653に製造保全来歴データとして格納されている。

【0029】従って、CPUから構成される枚葉膜厚データ発生手段657は、記憶手段656に格納されている所望の間隔(成膜処理枚数で数十枚~数百枚に1枚の頻度)で抜き取られた製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データと、記憶手段654に格納されている製造条件データ(スパッタガス圧力やスパッタ電極の磁界分布や成膜時間などのプロセス条件データ)と、記憶手段655に格納されている処理時間、処理枚数などの製造処理実績データと、記憶手段653に格納されているターゲットの交換時期やコリメータの交換時期や処理室のクリーニング時期、およびスパッタ電力などの製造保全来歴データとに基いて、ある膜厚測定と次の膜厚測定との間におけるスパッタ成膜設備で製品ウエハに対して成膜される成膜膜厚変化のモデルを作成し、この作成された成膜膜厚変化のモデルと所望の間隔で抜き取られた製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データとに基いて膜厚測定間における製品ウエハ1または2枚程度の単位毎の製品ウエハ内の分布も含めて成膜された膜厚を推定し、記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納する。このように、枚葉膜厚データ発生手段657は、特に製造処理実績データと製造保全来歴データとを参照することによって得られるターゲットの交換時期からの処理時間×処理枚数またはスパッタ電力の積算値(製品ウエハ毎のスパッタリングに要した電力と成膜時間の積分値)によりターゲットの消耗の程度やコリメーションスパッタにおけるコリメータの目詰まりの程度を推定し、この推定されたターゲットの消耗の程度やコリメータの目詰まりの程度に基いて製品ウエハに対して成膜される成膜膜厚変化のモデルを作成し、この作成された成膜膜厚変化のモデルと所望の間隔で抜き取られた製品ウエハまたはダミーウエハ毎の金属薄膜の膜厚データとに基いて膜厚測定間における製品ウエハ毎の製品ウエハ内の分布を含めて成膜された膜厚の正確な推定値を求め、記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納する。これによって、成膜工程監視手段651は、記憶手段658から枚葉膜厚データ発生手段657を介して製品ウエハ毎の推定された膜厚データを読みだすことによって、スパッタ成膜工程における設備管理や品質管理を行うことができ、またエッチング工程監視手段661は、記憶手段658から枚葉膜厚データ発生手段657を介して製品ウエハ毎の推定された膜厚データを読みだすことによって、スパッタ成膜工程の後工程であるエッチング成膜工程における設備管理や品質管理を行う

ことができる。

【0030】即ち、枚葉膜厚データ発生手段657は、非定期的或いは定期的に複数枚以上の製品ウエハの間隔で繰返される製品ウエハ或いは品質管理用の非製品ウエハ（ダミーウエハ）について抜き取って膜厚測定装置で測定される測定間隔の間において製品ウエハ1枚毎に成膜された膜厚を、上記測定間隔で製品ウエハ或いは品質管理用の非製品ウエハ（ダミーウエハ）について抜き取って膜厚測定装置で測定されて格納された膜厚検査結果データ656に基いて、経時的なスパッタ成膜設備の性能変動の予測に基づく所望の予想アルゴリズムを用いて推定して獲得し、記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納する。また枚葉膜厚データ発生手段657は、上記測定間隔の間において製品ウエハ1または2枚程度の単位毎に成膜された膜厚を、上記測定間隔で製品ウエハ或いは品質管理用の非製品ウエハ（ダミーウエハ）について抜き取って膜厚測定装置で測定されて格納された膜厚検査結果データ656から同期間をなす2回の膜厚検査結果のデータ（膜厚測定結果の値）から、経時的なスパッタ成膜設備の性能変動の予測に基づく所望の予想アルゴリズムである外挿するアリゴリズムを用いて推定して獲得し、記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納しても良い。

【0031】次に、スパッタ成膜設備がコリメーションスパッタ成膜設備の場合において、枚葉膜厚データ発生手段657が作成する成膜膜厚変化のモデルについて説明する。この成膜膜厚変化の要因としては、ターゲットの消耗とコリメータの目詰まりとである。コリメータはターゲットから放出されるスパッタ粒子の中でウエハに垂直な速度成分を持つもののみを通過させるものである。その他のスパッタ粒子はコリメータの穴の内壁に当たるためにコリメータの内壁にも膜が堆積する。その結果、穴の大きさがしだいに小さくなり、通過するスパッタ粒子の量が減少し、成膜速度が低下することになる。従って、成膜速度はコリメータの穴の大きさの変化を推定することにより求めることができる。

【0032】コリメータの穴の大きさは、そこを通過するスパッタ粒子の総量および速度ベクトルの角度分布により求められる。コリメータの穴形状は、コリメータ交換時からの処理時間と処理枚数とを掛け算して得られる使用時間に従って、狭まるために、使用経過時間の関数として記述される。穴が狭まるに従って加速度的に、全スパッタ粒子の穴の内壁への付着割合が増加し、膜の形成速度はより早く小さくなる。コリメーションスパッタにおける成膜膜厚変化のモデルは、成膜時間を一定とした場合には成膜速度変化のモデルで決まることになる。枚葉膜厚データ発生手段657において、コリメーションスパッタにおける成膜速度変化のモデルを作成するには、コリメータの目詰まりによって変化する形状、スパッタリングターゲットからコリメータまでの距離、スパ

ッタガス圧力、ターゲットが消耗される形状、ターゲットの消耗と関係するスパッタ電極における磁場分布などを詳細に記述しなければならない。しかしながら、限定された条件での成膜速度変化のモデルはほぼ実験によって決定することができる。従って、実験によって決定された限定された条件での成膜速度変化のモデルを、枚葉膜厚データ発生手段657に対してキーボードや記録媒体などから構成される入力手段659aを用いて入力することによって、枚葉膜厚データ発生手段657は容易にターゲットの消耗およびコリメータの目詰まりに応じた成膜速度変化のモデルを作成することができる。そして、枚葉膜厚データ発生手段657は、作成された成膜速度変化のモデルに対して、膜厚検査結果データ656から取得される実際の使用途中での離散的な膜厚データと、そのときの製造保全履歴データ653から得られる累積使用時間電力積とをつきあわせることで、実時間内のパラメータ修正を行い、コリメータ機差等を吸収して、ウエハ1枚1枚の膜厚、更には膜厚分布の実時間内の正確な推定を行うことができる。

【0033】実際には図2に示す202の如きコリメーションスパッタの規格化された成膜速度を実験により求め、この実験によって求められた成膜速度の曲線を入力手段659aを用いて入力して枚葉膜厚データ発生手段657においてテーブル化するか、近似する関数に書き直して、使用量に従って規格化された成膜速度のモデルを作成し、製造条件データ655から得られる実際に必要な膜厚を得るために設定されている成膜時間などの製造条件と比較し、その時点で成膜を受けているウエハ1枚1枚の予想膜厚を得て、記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納することができる。また枚葉膜厚データ発生手段657において、以上説明した膜厚推定をより正確なものにするためには、離散的な膜厚検査結果データ656と、上記した成膜膜厚変化のモデルと、離散的な膜厚検査結果データ656を基にして上記した成膜膜厚変化のモデルに従って得られる膜厚変化の推移とを、ディスプレイから構成された表示手段659bに表示して継続的に確認し、上記入力手段659aを用いて上記成膜膜厚変化のモデル等に対して若干の修正を加えることによって実現することができる。以上により、記憶手段658には、製品ウエハのID番号に対応させて製品ウエハ1枚ごとの膜厚推定をより正確なものにした枚葉膜厚データが格納されることになる。

【0034】そして、成膜工程監視手段651は、記憶手段656に格納された膜厚検査結果データおよび枚葉膜厚データ発生手段657で推定して獲得されて記憶手段658に格納された製品ウエハ1枚毎の枚葉膜厚データを読出し、この読出された膜厚データについて記憶手段652に格納された設備状態・品質判定データと参照比較することによって、スパッタ成膜設備の設備状態および成膜された金属薄膜の品質についての判定を行い、

その結果を記憶手段672に成膜工程監視データとして格納する。特に膜厚検査結果データおよび製品ウエハ1枚毎の枚葉膜厚データは製品ウエハやダミーウエハに付与されたID番号に対応させて格納されていると共に、製造処理実績データ655には製品ウエハやダミーウエハに付与されたID番号に対応させてどのスパッタ成膜設備で、いつの時点でスパッタ成膜されたかの経路および経過データが格納されているので、1枚のウエハ内の分布も含めて膜厚データがスパッタ成膜工程での製造仕様を満足していないという異常判定を成膜工程監視手段651がした場合でも、上記製造処理実績データを突き合わせることで、不良原因を誘起しているスパッタ成膜設備(装置)を特定することができる。従って、成膜工程監視手段651は、この判定結果において、特に1枚のウエハ内の分布も含めて膜厚データがスパッタ成膜工程での製造仕様を満足していないという異常判定の場合には、この異常判定について、ディスプレイ等で構成される表示手段650bに表示することによって、成膜工程における管理者に知らせることによって、不良原因を誘起しているスパッタ成膜設備(装置)に対してメンテナンスを行ったり、このスパッタ成膜設備の代わりに成膜能力の優れたスパッタ成膜設備を使用するように、搬送設備コントローラ612を制御することにより搬送設備による製品ウエハの搬送経路を変更して、不良原因を取り除くことができる。また、成膜工程監視手段651は、この判定結果において異常と判定された場合には、この異常判定について、ネットワーク601を介して設備群コントローラ611またはその先の製造設備コントローラ613に送信することによりフィードバックしてそこに設置された表示手段等の出力手段に出力することによって知らせ、不良原因を誘起しているスパッタ成膜設備(装置)に対してメンテナンスを行ったり、このスパッタ成膜設備の代わりに成膜能力の優れたスパッタ成膜設備を使用するように、搬送設備コントローラ612を制御することにより搬送設備による製品ウエハの搬送経路を変更して、不良原因を取り除くことができる。なお、成膜工程監視手段651に設けられた650aは、ネットワーク601を介して成膜工程における設備群コントローラ611から取得できないデータやスパッタ成膜工程監視用プログラム等を入力するコーポードや記録媒体等から構成された入力手段である。

【0035】また上記の実施の形態においては、成膜工程監視手段651と枚葉膜厚データ発生手段657とを別々のCPUで構成した場合について説明したが、1つのCPUによって構成しても良いことは明らかである。また上記の実施の形態においては、スパッタ成膜の場合について説明したが、LP(low pressure)CVDにより絶縁膜等を成膜する場合についても適用できることは明らかである。即ち、成膜工程がスパッタリングである場合には、膜厚の推定方法について図2、および

図3を使って詳述したが、スパッタリング設備とは異なって、多数枚が一度に処理されるバッチ設備を使用する低圧CVD設備の場合について、ウエハ一枚一枚の膜厚データの作成について図4および図5に用いて説明する。バッチ式のLP(low pressure)CVD装置では、例えば125枚の製品ウエハを一度に処理する方式である。図4はこのバッチ式LP(low pressure)CVD装置での製品ウエハの装填状況を示した図である。図中矢印で示してあるように、25枚、すなわちカセットのくくり単位で、製品ウエハが装填され、その25枚の群の間にダミーウエハが装填される。125枚の製品ウエハに対して、6枚のダミーが使用され、これらは設備の管理とQC管理のデータを採取するために使用されるのが通常である。

【0036】バッチ装置では上述したように、一度に大量のウエハを処理するので、経時的離散的にダミーウエハによって膜厚を知るのではなく、一回の成膜でその成膜と同時にダミーウエハの膜厚が出てくるという違いがある。さて、図4に示す曲線401はLPCVD装置のウエハの装填状況に合わせて膜厚の状況を示した図であるが、一回の成膜の中でもウエハの装填位置によって膜厚は異なるのが通常である。このために、エッチング工程にそのウエハが到達したときに使用する膜厚値は確定しない。しかしながら、LPCVD装置内のウエハ装填位置によっての膜厚分布は、そのLPCVD装置の個性としてほぼ固定的に持っているものである。

【0037】従って成膜工程監視手段651において行うLPCVD設備による成膜工程の正常性の確認は、膜厚測定装置によって測定されて膜厚検査結果データ656として格納された図4中の矢印で示される6枚のダミーウエハの膜厚が、規定の値以内、通常は規定値の±5%程度の範囲、に入っているか否かを判断することで行われる。またバッチ設備では、上述した分布があるために、成膜工程監視手段651は、膜厚検査結果データとして格納されたダミー膜厚情報から、バッチ設備の製造設備コントローラ613から得られる装置内装填位置の情報に基いて装置内装填位置による分布の形を観測し、その形が大きくなりすぎた場合には、設備に異常があると判断し、その情報を記憶手段672に格納する。そこで、枚葉膜厚データ発生手段657は、成膜工程監視手段651からダミー膜厚そのもの値と、装填位置による分布が正常であるとの確認情報が得られたならば、膜厚検査結果データ656として格納されたダミー膜厚から製品ウエハ1枚1枚の膜厚を推定して記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納する。枚葉膜厚データ発生手段657による膜厚の推定は、膜厚検査結果データとして格納された図5に示したダミーウエハの装填位置の膜厚分布から、各製品ウエハの装填位置における膜厚を外挿して求めることができる。そしてウエハの装填位置とウエハのIDと、そして推定した膜厚値とを紐付け

し、記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納する。

【0038】具体的には、ダミーの膜厚X1とダミーの膜厚X2との間の25枚の製品ウエハについて、図5の式501のように単純な比例配分で膜厚を割り当てる。

【0039】このようにして各製品ウエハの膜厚を算出するのは、図6の枚葉膜厚データ発生システム657の機能である。なお、成膜工程監視手段651と枚葉膜厚データ発生手段657とは1つのCPUによって構成しても良い。また成膜工程監視手段651の機能を各成膜設備に設けられた製造設備コントローラ613または設備群コントローラ611内に設けても良い。以上により、ある範囲の膜厚変化を有する製品ウエハが成膜工程102からリソグラフィ工程へと投入されることになる。

【0040】次に、枚葉膜厚データ発生手段657で作成されて記憶手段658に格納された枚葉膜厚データに基いて、エッチング工程においてエッチング設備（エッチング装置）の動作状態を監視することについて説明する。まず、エッチング設備（エッチング装置）でのプロセスの変動原因について簡単に説明する。エッチング設備ではエッチング対象膜（スパッタ設備等で成膜した膜）と化学反応するエッチングガスをプラズマにより活性化して、ウエハ表面で膜と反応させ除去するものである。その際反応生成物がウエハから放出され、これがエッチング処理室内壁に付着、堆積する。この付着膜はプラズマ状態に影響を及ぼし、その結果エッチング性能が変化する。すなわち、エッチング設備もスパッタ設備と同様にその特性が経時変化する。

【0041】次にエッチング設備のエッチング終点モニタについて説明する。図6に示すように各エッチング設備には、製造設備コントローラ623、625とエッチングの終了を検出するエッチング終点モニタ624、624'とを有している。各エッチング設備（装置）に設けられたエッチング終点モニタ624、624'は、エッチングの反応生成物の放出状態からエッチングの終了を検出するものである。特に、反応生成物のプラズマ中におけるある特定波長の発光を観察する方式のエッチング終点モニタが多く用いられている。このエッチング終点モニタ624、624'により、各製品ウエハの処理に対してエッチングの開始（プラズマ電力ON）から対象膜を除去した時点までの時間、すなわちエッチング終点時間を知ることができる。エッチング時間は、エッチングの終点が出てから、しばらく余計にエッチングを持続する、オーバエッチを通常行うので、エッチング設備に設定されるエッチング時間は、エッチング終点モニタで検出されるエッチング終点時間とは異なるのが通常である。

【0042】さて、エッチング設備に投入される製品ウエハの成膜量（膜厚）は、上に述べたように記憶手段658に枚葉膜厚データとして格納されて1枚1枚に関し

て既知（推定値）であるから、エッチング工程監視手段661に接続されたエッチング速度算出手段670においてこの枚葉膜厚データを、対応するエッチング設備に設けられたエッチング終点モニタ624、624'で検出されるエッチング終点時間で割ることによりエッチング設備の対象膜に対するエッチング速度（エッチング設備の動作状態を示す1つの指標である。）を求めることができ、記憶手段668に枚葉エッチング速度データとして格納する。このようにしてCPUから構成されたエッチング工程監視手段661は、各エッチング設備の能力特性の変動を、エッチング速度算出手段670で算出されるエッチング速度の変化により正しく監視することができる。そして、各エッチング設備に対応した監視結果を、エッチング工程監視手段661に接続されたディスプレイ等で構成された表示手段660bに表示することにより、エッチング工程の管理者に提示することができる。また各エッチング設備に対応した監視結果を、エッチング工程監視手段661からネットワーク601を介してエッチング工程107における設備群コントローラ621またはその先の各エッチング設備の製造設備コントローラ623、625に送信することによってフィードバックして、そこに設置された表示手段等の出力手段に出力させることによって知らせることができる。もし、エッチング設備の能力が異常の場合には、エッチング設備が特定された形で、監視結果が出力されるので、能力が異常のエッチング設備に対してメンテナンスを行ったり、このエッチング設備の代わりに能力が優れたエッチング設備を使用することにより、常に製品ウエハに対して正常なエッチングを施すことができる。

【0043】繰り返しになるがもし膜厚変化が正確にわかっていないと、エッチング終点時間の変動には膜厚変化の分が常に重なっていることになるので、エッチング設備の能力変動が見えたとしても、その変動が膜厚変化よりも有意に大きい場合にしか捉えることができなかった。従ってエッチング工程の品質精度を上げるという目的からは、全く問題にならない、大きなエッチング設備の乱調を検出することしかできないということである。しかしながら、エッチング設備に投入される製品ウエハの膜厚が正確に捉えることができるので、エッチング工程監視手段661は、各エッチング設備の能力特性の変動を、エッチング速度算出手段670で算出されるエッチング速度の変化により十分に感度を高くして正しく監視することができる。その結果品質精度の向上が為された半導体素子の製造工程を実現することができる。

【0044】また例えエッチング設備の大きな乱調を検出することについて考えても、膜厚の変化がある場合には、その乱調の検出には、より多くの製品ウエハを処理してからしか判断ができないが、エッチング工程監視手段661は、膜厚変化分を除去した形態であるので、直ちに、エッチング設備の乱調の検出ができ、不可避的に

品質が不良である製品を製造する数を大幅に減じることができ、顕著な効果を奏する。膜厚を知らないでエッチング終点時間から単純に求めた見かけのエッチング速度から、所定のエッチング終点時間が得られるように、エッチング設備の条件を調整してしまうと、実際には膜厚がただ厚かった場合には、薄目の膜厚の製品ウエハがくると、調整を行ったばかりに、品質が却って低下することになる。エッチング工程監視手段661は、各エッチング設備の能力特性の変動を、エッチング速度算出手段670で算出されるエッチング速度の変化により十分に感度を高くして正しく監視し、この監視結果に基いてエッチング設備の条件を調整（制御）するようにしたので、品質を低下させることもなく、半導体を製造することができる。更に、エッチング工程107における管理について図6を用いて説明する。

【0045】さてエッチング工程107では、1枚のウエハ毎にエッチング処理し、その際に、エッチングの終点時間をエッチング終点モニタ624、624'によって検出する。

【0046】これらの処理結果のモニタ値であるエッチング終点時間は、ウエハIDによって識別される1枚1枚のウエハに対して紐付けされて、エッチング工程監視手段661の管理下にあるエッチング速度算出手段670に送信される。エッチング速度算出手段670では、当該ウエハのウエハIDから、このウエハが成膜工程で被着された膜厚、またはその正確な推定値を、枚葉膜厚データ発生システム657の枚葉膜厚データファイル658から獲得し、エッチングの終点時間と突き合わせ参照される。そして、エッチング速度算出手段670は、膜厚をエッチングの終点時間で除することによって、エッチング速度を得ることができる。更にこの値を、エッチング工程監視手段661は、設備状態・品質判定データファイル662からの値と参照比較し、エッチング設備を特定してそのエッチング設備が正しく運転されているか、設備状態の変動が見受けられた場合に運転パラメータの修正を要するか否か等の判断を下し、記憶手段673にエッチング工程監視データとして格納すると共に、エッチング工程監視手段661に接続された表示手段660bに表示してエッチング工程の管理者に提示し、またネットワーク601を介してエッチング工程の設備群コントローラ621またはその先の各エッチング設備の製造設備コントローラ623、625に接続された表示手段等の出力手段に出力して知らせる。異常な状態との判断に際しては、人間の確認或いは判断を要求する手順をエッチング工程監視手段661にあらかじめ格納しておく。即ち、エッチング速度算出手段670において、エッチング工程で得られた当該ウエハに対するエッチング終点時間を膜厚値と突き合わせてエッチング設備の動作状態の一つの指標であるエッチング速度を得、エッチング工程監視手段661においてこれが正常で調

整なしか、正常で調整を必要としているか、または異常であるかを判断し、これらのデータ（情報）を記憶手段673にエッチング工程監視データとして格納すると共に、エッチング工程監視手段661に接続された表示手段660bに表示してエッチング工程の管理者に提示し、またネットワーク601を介してエッチング工程の設備群コントローラ621またはその先の各エッチング設備の製造設備コントローラ623、625に接続された表示手段等の出力手段に出力して知らせる。エッチング設備が正しく運転されていないと判定された場合には、正しく運転できるエッチング設備に切り替えるように、搬送設備コントローラ622を制御して搬送設備による製品ウエハの搬送経路を変更する。運転パラメータの修正が必要と判定された場合には、製品ウエハを流すことを中止できない場合には、正常な能力を有するエッチング設備に切り替えるように、搬送設備コントローラ622を制御して搬送設備による製品ウエハの搬送経路を変更すると共に、運転パラメータの修正を必要とするエッチング設備に対してメンテナンスを行って運転パラメータの修正を行う。運転パラメータの修正を自動的に行える場合には、エッチング工程監視手段661において、記憶手段664に格納されている現在の製造条件データから運転パラメータの修正量を算出し、この算出された運転パラメータの修正量をネットワーク601および設備群コントローラ621を介して特定されたエッチング設備の製造設備コントローラに送信することによって製造設備コントローラが運転パラメータである製造プロセス条件を制御することができる。

【0047】なお、記憶手段663には各エッチング設備から取得できるクリーニングした時期等の製造保全履歴データが格納され、記憶手段665には各エッチング設備におけるエッチング終点モニタから検出されるエッチング時間およびエッチング処理枚数等が格納されているので、エッチング工程監視手段661は投入される製品ウエハに対して要求されるエッチングの品質のグレードに応じて、エッチング時間およびエッチング処理枚数並びに記憶手段668に格納されている枚葉エッチング速度データ等を考慮してクリーニングする時期を算出し、その時期が過ぎているエッチング設備に対してアラームを発することができる。また、記憶手段664には、各エッチング設備から取得できるガス圧力や電極に印加する高周波電力等の製造プロセス条件が格納されているので、エッチング工程監視手段661は投入される製品ウエハに対して要求されるエッチングの品質のグレードに応じて記憶手段668に格納されている枚葉エッチング速度データを参照することによって製造プロセス条件が適切であるか否かについて判定することができ、もし適切でない場合には、そのエッチング設備に対してネットワーク601および設備群コントローラ621を介してフィードバックをかけることによって、適切な製

造プロセス条件に制御してエッチングを施すことができる。また、残膜厚検査結果データ667についても、エッチング工程監視手段661は投入される製品ウエハに対して要求されるエッチングの品質のグレードに応じて製造プロセス条件が適切であるかについて判定し、もし適切でない場合には、そのエッチング設備に対してネットワーク601および設備群コントローラ621を介してフィードバックをかけることによって、適切な製造プロセス条件に制御する必要がある。

【0048】ところで、エッチング設備には、エッチング終点モニタが付けられていないものがある。この場合、エッチング設備は、投入される製品ウエハの種類に応じて設定される製造プロセス条件と測定装置で測定された残膜厚検査結果データとに応じてエッチング時間が設定される。エッチング速度算出手段670は、エッチング設備の製造設備コントローラ623、625において獲得される設定されたエッチング時間を設備群コントローラ621およびネットワーク601を介して取得し、この取得されたエッチング時間に対して膜厚検査結果データ656から上記エッチング設備に投入される製品ウエハの膜厚に応じたエッチング速度を算出して記憶手段668に枚葉エッチング速度データとして格納すると共に、この算出されたエッチング速度からエッチング時間を算出し、算出されたエッチング時間をネットワーク601および設備群コントローラ621を介してエッチング設備の製造設備コントローラ623、625にフィードバックされる。これにより、エッチング工程監視手段661は、エッチング終点モニタがないエッチング設備に対しても、枚葉エッチング速度データ668から残膜厚検査結果データ667を参照して設備状態判定データ662と比較することによって、エッチング設備の能力状態を監視し、この監視結果を記憶手段673にエッチング工程監視データとして格納すると共に、エッチング工程監視手段661に設置された表示手段660bや設備群コントローラ621またはエッチング設備に設置された出力手段に出力することができ、高品質のエッチングを確保することができる。

【0049】次に、エッチング工程監視手段661において実行する内容について、更に具体的に説明する。即ち、エッチング工程監視手段661におけるエッチング設備の診断では、エッチング速度算出手段670で算出されたエッチング設備の動作状態の一つの指標を示す枚葉エッチング速度データを、エッチング製造プロセス条件であるエッチングで使用した電力とエッチング時間との積分値によって規格化して、評価することによって、エッチング設備の動作状態がいつ管理基準値を越えるかを予想することが可能となり、メンテナンス時期を予想することが可能となる。また、エッチング工程監視手段661における診断或いは工程進行の制御は、エッチング速度算出手段670で算出されるエッチング速度の変

動値があらかじめ定められた管理基準値（管理幅）を越えた時に、その設備の動作状態は不良であると判断し、判断時点から速やかに他のエッチング設備に生産を切り替えることを指示することにより、他のエッチング設備により製品ウエハに対して継続してエッチング処理を施すことができる。また、エッチング工程監視手段661における診断或いは工程進行の制御は、エッチング速度算出手段670で算出されるエッチング速度の時間的な変動傾向の外挿から、あらかじめ定められた管理基準値（管理幅）より同エッチング速度が逸脱する時期を予想し、当該時期に合わせて他のエッチング設備に生産を切り替えること、乃至は当該他のエッチング設備の稼働準備、乃至は当該設備のメンテナンスを行う機材と人員の確保を行うように、前もって指示することにより投入される製品ウエハを大幅に止めることなく継続してエッチング処理を施すことができる。

【0050】また、エッチング工程監視手段661における診断或いは工程進行の制御は、エッチング速度算出手段670で算出されるエッチング速度の時間的な変動傾向の外挿から、あらかじめ定められた管理幅より同エッチング速度が逸脱する時期を予想し、当該時期に合わせて当該設備のメンテナンスを行うことによる当該エッチング工程の生産量変動（減少）に合わせて、当該エッチング工程に続く工程の負荷量変動することを予想し、エッチング工程に続く工程を含めて製品ウエハを効率良く生産することができる。また、エッチング工程監視手段661において、枚葉膜厚データ658から得られる膜厚が、エッチング設備の運転パラメータを変更する必要のない範囲か否かを判断し、その結果を記憶手段673にエッチング工程監視データとして格納すると共に、エッチング工程監視手段661に設置された表示手段660bに出力したり、ネットワーク601および設備群コントローラ621を介してエッチング設備の製造設備コントローラ623、625にフィードバックして制御することができる。また、エッチング工程監視手段661において、エッチング設備の運転パラメータについての変更必要有無は、当該製品ウエハの膜厚と、当該製品ウエハを処理する直前の処理の際のエッチング速度の値から判断することによって、投入される製品ウエハに対して最適なエッチングを施すことができる。

【0051】また、エッチング工程監視手段661において、枚葉膜厚データ658から得られる膜厚が、エッチング設備の運転パラメータを変更しない限界値を越えていることが判明した場合には、前以てエッチング設備の運転パラメータを算出し、膜厚がエッチング設備パラメータを変更しない限界値を越えている製品ウエハがエッチング工程に到着するのに合わせて、変更制御することによって、投入される製品ウエハに対して最適なエッチングを施すことができる。また、エッチング工程監視手段661において、枚葉膜厚データ658から得られ

る膜厚が、エッチング設備の運転パラメータを変更しない限界値を越えていることが判明した場合には、成膜工程監視手段651にフィードバックして成膜工程監視手段651において膜厚が管理値に入るある値になるように成膜工程における成膜設備の運転パラメータを算出し、ネットワーク601および設備群コントローラ611を介して成膜設備の製造設備コントローラ613に提供して制御することによりその運転パラメータを設定する。枚葉膜厚データ発生手段657または成膜工程監視手段651は、その新しい運転パラメータによって形成される膜厚の予想値を算出してエッチング速度算出手段670に提供する。エッチング速度算出手段670は、この提供された膜厚の予想値から枚葉エッチング速度データを作成すると共に、エッチング工程監視手段661は、この枚葉エッチング速度に基いて監視することができ、また、エッチング工程監視手段661は、提供された膜厚の予想値からエッチング設備の運転パラメータを変更しない限界値を越えているか否かについて判定し、もしエッチング設備の運転パラメータを変更しない限界値を越えている場合には、成膜工程監視手段651にフィードバックして成膜工程監視手段651において膜厚が管理値に入るある値になるように成膜工程における成膜設備の運転パラメータを算出し、ネットワーク601および設備群コントローラ611を介して成膜設備の製造設備コントローラ613に提供して制御することによりその運転パラメータを設定することができる。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、エッチング設備の装置状態を正確に把握することが可能であり、成膜工程とエッチング工程とを通じて高い品質を維持することができ、生産性を損なわずに半導体製品の品質を向上することができる効果を奏する。また本発明によれば、エッチング設備の動作状態が正しく把握することができ、その結果、運転パラメータを設定し直す必要があるか否かの判断を可能となり、運転パラメータの設定が必要であると判断されたならば、ある膜厚に対して最適なエッチング時間乃至は電力を設定することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体基板に対して金属配線膜を形成して製造する工程フローを示す図である。

【図2】本発明に係るスパッタ成膜工程に用いられるス

パッタ成膜設備における成膜速度の変動を示す図である。

【図3】本発明に係るスパッタ成膜工程に用いられるスパッタ成膜設備における膜厚の変動を示す図である。

【図4】本発明に係る成膜工程に用いられるバッチ処理成膜装置での枚葉膜厚データの獲得を示す図である。

【図5】本発明に係る成膜工程に用いられるバッチ処理成膜装置での枚葉データの獲得の詳細方法を示す図である。

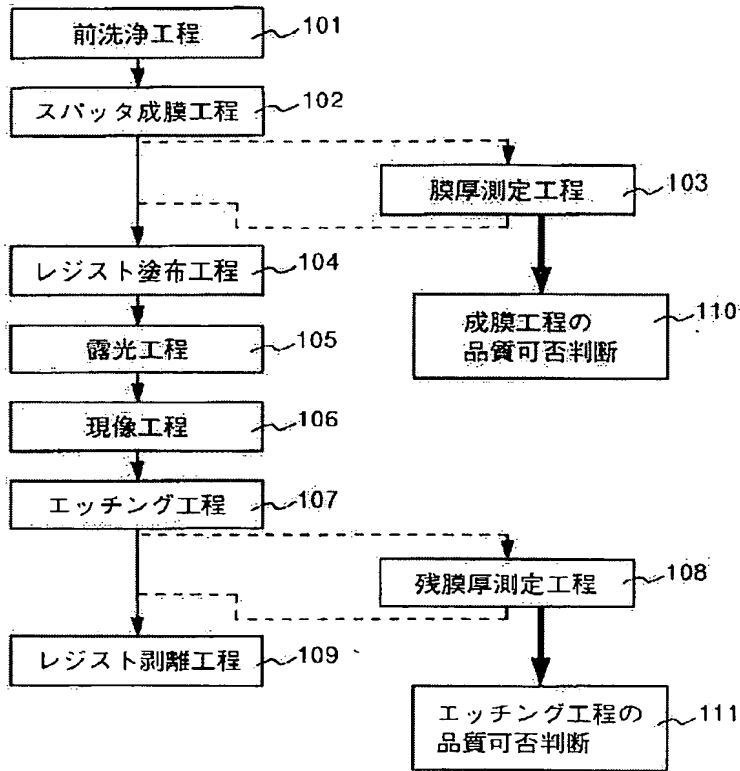
【図6】本発明に係る成膜工程とエッチング工程との管理を統合的に行うシステムの機能構成を示す図である。

【記号の説明】

101…洗浄工程、102…スパッタ成膜工程、103…膜厚測定工程、104…レジスト塗布工程、105…露光工程、106…現像工程、107…エッチング工程、108…残膜厚測定工程、109…レジスト剥離工程、110…成膜工程の品質可否判断ステップ、111…エッチング工程の品質可否判断ステップ、601…各システム間を接続するネットワーク、611…成膜設備群コントローラ、612…搬送設備コントローラ、613…製造設備コントローラ、614…スパッタ電力モニタ、615…検査設備コントローラ、621…エッチング設備群コントローラ、622…搬送設備コントローラ、623…製造設備コントローラ、624、624…エッチング終点モニタ、625…製造設備コントローラ、650a、659a、660a…入力手段、650b、659b、660b…表示手段、651…成膜工程監視手段、652…設備状態・品質判定データファイル、653…製造保全履歴データファイル、654…製造条件データファイル、655…製造処理実績データファイル、656…膜厚検査結果データファイル、657…枚葉膜厚データ発生手段、658…枚葉膜厚データファイル、661…エッチング工程監視手段、662…設備状態・品質判定データファイル、663…製造保全履歴データファイル、664…製造条件データファイル、665…製造処理実績データ、667…残膜厚検査結果データファイル、670…エッチング速度算出手段、668…枚葉エッチング速度データファイル、672…成膜工程監視データファイル、673…エッチング工程監視データ

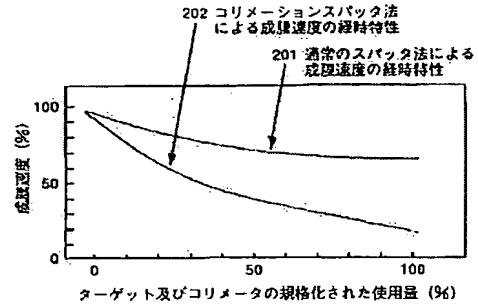
【図1】

図 1



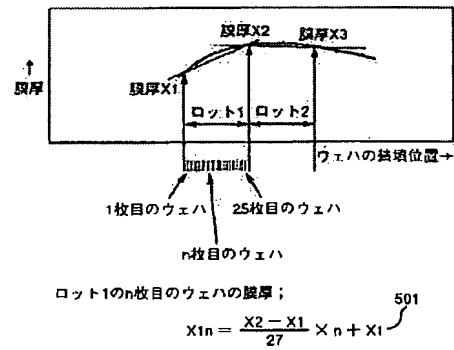
【図2】

図 2



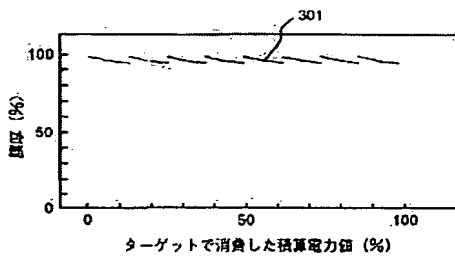
【図5】

図 5



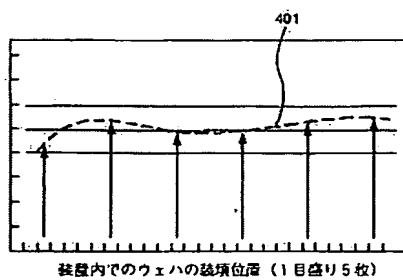
【図3】

図 3



【図4】

図 4

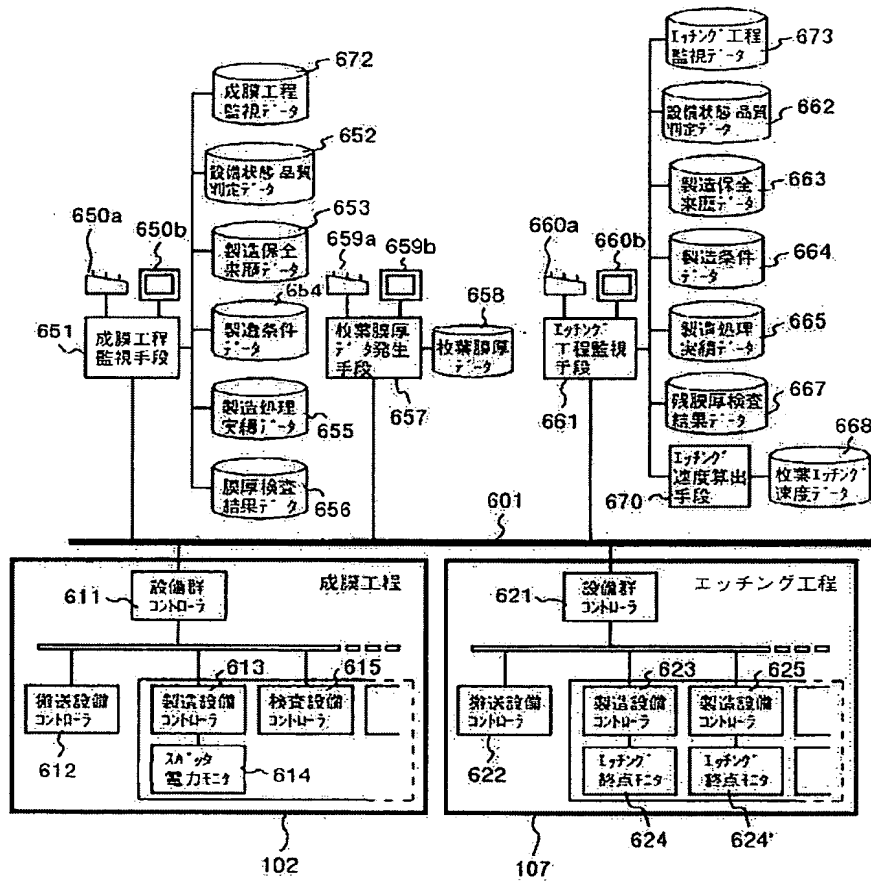


↑は、膜厚測定用のダミーウェハの装填位置を示している。  
 従って25枚の製品ウェハの両側に装填されている。



【図6】

図 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**